

**Adaptabilidade e Estabilidade
de Cultivares de Mandioca via
Métodos de Regressão
Bissegmentada e Multivariada**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78

Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Mandioca via Métodos de Regressão Bissegmentada e Multivariada

Emiliano Fernandes Nassau Costa
Hélio Wilson Lemos de Carvalho
Marco Antônio Sedrez Rangel
Vanderlei da Silva Santos
João Licínio Nunes de Pinho
Maria Cléa Santos Alves
Almir Dias Alves da Silva
Maitte Carolina Moura Gomes
Wanessa Marisa Miranda Menezes
Daniela Lima dos Santos

Aracaju, SE
2013

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Av. Beira Mar, 3250
49025-040 Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1344
Fax: (79) 4009-1399
www.cpatc.embrapa.br
cpatc.sac@cpatc.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Ronaldo Souza Resende*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva, Edson Patto Pacheco, Élio César Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, Joézio Luis dos Anjos, Josué Francisco da Silva Junior, Paulo César Falanghe Carneiro, Semíramis Rabelo Ramalho Ramos e Viviane Talamini*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Foto da Capa: *Adenir Vieira Teodoro*

Editoração eletrônica: *José Gabriel Santos*

1ª Edição (2013)

On line (2013)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **Embrapa Tabuleiros Costeiros**

Costa, Emiliano Fernandes Nassau

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de mandioca via métodos de regressão bissegmentada e multivariada... [et al.]. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013.
18 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 78).

Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2013/bp81.pdf

1. Mandioca. 2. Mandioca – Cultivar. 3. Melhoramento genético vegetal. I. Carvalho, Hélio Wilson Lemos de. II. Rangel, Marco Antônio Sedrez. III. Silva, Vanderlei da Silva. IV. Pinho, João Licínio Nunes de. V. Alves, Maria Cléa Santos. VI. Silva, Almir Dias Alves da. VII. Gomes, Maitte Carolina Moura. VIII. Meneses, Wanessa Marisa Miranda. IX. Santos, Daniela Lima dos. X. Título. XI. Série.

CDD 635.652

©Embrapa 2013

Sumário

Resumo	05
Abstract.....	06
Introdução.....	07
Material e Métodos.....	08
Resultados e Discussão.....	10
Conclusões.....	16
Referências	17

Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Mandioca via Métodos de Regressão Bissegmentada e Multivariada

Emiliano Fernandes Nassau Costa¹

Hélio Wilson Lemos de Carvalho²

Marco Antônio Sedrez Rangel³

Vanderlei da Silva Santos⁴

João Licínio Nunes de Pinho⁵

Maria Cléa Santos Alves⁶

Almir Dias Alves da Silva⁷

Maitte Carolina Moura Gomes⁸

Wanessa Marisa Miranda Menezes⁹

Daniela Lima dos Santos¹⁰

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, emiliano.costa@embrapa.br.

²Engenheiro-agrônomo, mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, helio.carvalho@embrapa.br.

³Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, marco.rangel@embrapa.br.

⁴Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, vanderlei.silva-santos@embrapa.br.

⁵Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Naturais, assessor do Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Fortaleza, CE, licinio@centec.org.br.

⁶Engenheira-agrônomo, mestre em Fitotecnia, pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, Natal, RN, emparn@rn.gov.br.

⁷Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, Goiana, PE, almir.dias@ipa.br.

⁸Graduanda em Engenharia Química, estagiária Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, maitte_carolina@hotmail.com.

⁹Graduanda em Engenharia Química, bolsista PIBIC CNPq/Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, vanessamm2003@yahoo.com.br.

¹⁰Graduanda em Engenharia Química, estagiária Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, danyleq@hotmail.com.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de raízes tuberosas e estimar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de mandioca via métodos de regressão bissegmentada e multivariada. Os rendimentos de raízes tuberosas de dezoito cultivares de mandioca foram avaliados em ensaios de valor de cultivo e uso. Os ensaios foram realizados nos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011, nos estados da Bahia, Sergipe, Pernambuco e Rio Grande do Norte, totalizando trinta ambientes. Os dados de rendimento de raízes tuberosas foram submetidos à análise de variância individual e conjunta. Constatada a presença da interação genótipos x ambientes procedeu-se a estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Cruz et al. (1989) e AMMI. O número de eixos do biplot AMMI foi definido através do método “leave one out”, tendo sido escolhido o modelo AMMI1. Tanto o método de regressão bissegmentada quanto o método multivariado foram eficientes em identificar cultivares de mandioca com alto rendimento e estabilidade produtiva. Os modelos AMMI1 e Cruz et al. (1989) identificaram a cultivar BRS Caipira como superior tanto em ambientes favoráveis como desfavoráveis. As cultivares BRS Tapioqueira, Iará, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 devem ser recomendadas a ambientes específicos.

Palavras chave: *Manihot esculenta*, raízes tuberosas, interação G x A.

Adaptability and Stability of Cassava Cultivars by Multivariate and Bissegmented Regression Methods

Abstract

The aim of this study was to evaluate the adaptability and stability of tuberous root yield of cassava cultivars by bissegmented regression and multivariate methods. The tuberous root yields of eighteen cassava cultivars were measured in tests of value for cultivation and use. The trials were carried on in the years of 2008, 2009, 2010 and 2011, in the states of Bahia, Sergipe, Pernambuco and Rio Grande do Norte, in a total of thirty environments. Individual and joint analysis of variance were performed. After verifying the presence of genotype x environment interaction was proceeded the estimative of the adaptability and stability parameters by Cruz et al. (1989) and AMMI methods. The number of biplot axes were defined by the leave one out method and it was selected the AMMI1 model. Both the bissegmented regression and AMMI1 methods were efficient to identify high yielding and stable cassava cultivars. AMMI1 and Cruz et al. (1989) models identified the cultivar BRS Caipira as superior both in favorable and unfavorable environments. BRS Tapioqueira, Irapá, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 should be recommended to specific environments

Index terms: Manihot esculenta, tuberous root, G x E interaction.

Introdução

Na região Nordeste do Brasil, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) desempenha função de destaque socioeconômico, por ser uma das principais fontes de calorias para a população nordestina, sobretudo para a população rural, sendo ainda importante matéria prima para agroindústrias e geradora de emprego e renda, principalmente para pequenos agricultores (CARDOSO, 2003).

O Brasil colherá em 2013 aproximadamente 1,65 milhões de hectares, com uma produção estimada em 23,4 milhões de toneladas de raízes frescas colhidas, resultando em uma produtividade média de 14,2 ton/ha (IBGE, 2013), desta forma destacando-se como um dos maiores produtores mundiais deste produto. Em 2013, a região Nordeste do Brasil teve uma área plantada de 988 mil hectares com previsão de colheita de 690 mil hectares, respondendo por 41,8 % da área colhida no país, com um rendimento médio de 10,2 ton/ha. A seleção de cultivares com alto potencial para a produtividade, elevada estabilidade de produção e alta capacidade de adaptação às condições para as quais será indicada, aliada a atributos agrônômicos superiores, é o principal objetivo dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada (ALLARD, 1999). Para que o genótipo ideal possa ser identificado, é necessária a realização de experimentos em diferentes condições ambientais (local, ano, épocas de plantio e de colheita), em que vários genótipos são avaliados (CARGNIN et al. 2006).

Atualmente, no Nordeste brasileiro, diversos testes de competição com variedades de mandioca têm sido realizados em vários locais. Nesse caso, a classificação relativa entre elas pode não ser coincidente, o que dificulta a identificação de materiais efetivamente superiores. A interação genótipos por ambientes não interfere apenas na recomendação de cultivares, mas também dificulta o trabalho do melhorista, que precisa adotar critérios diferenciados para selecionar genótipos superiores e usar métodos alternativos de identificação de material de alto potencial genético (CRUZ et al., 2004).

Diversos métodos têm sido propostos para estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, para caracterizar o desempenho relativo dos

genótipos, quando submetidos a diferentes condições ambientais (EBERHART e RUSSELL, 1966; LIN e BINNS, 1988; CRUZ et al., 1989; CROSSA et. al., 1990), o que permite a identificação de genótipos com comportamento estável e que respondam às variações ambientais. Contudo, técnicas multivariadas têm ganhado espaço nesse tipo de estudo nos últimos anos, em virtude da popularização do uso de computadores e de modernos pacotes estatísticos que permitem que os complexos cálculos com álgebra de matrizes e modelos lineares, demandados por essas técnicas, sejam realizados facilmente. O método AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis) é uma dessas técnicas multivariadas e considera modelos aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e multiplicativos para os efeitos da interação $G \times A$.

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho produtivo e estimar a adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de raízes tuberosas de cultivares de mandioca quando submetidas a diferentes condições ambientais no Nordeste brasileiro utilizando o método AMMI.

Material e Métodos

Foram utilizados dados de produtividades de raízes tuberosas dos ensaios de avaliação de cultivares de mandioca, coordenados pela Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Mandioca e Fruticultura, realizados no decorrer dos anos agrícolas de 2008, 2009, 2010 e 2011, nos estados da Bahia, Sergipe, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

Cada ensaio foi considerado como um ambiente, uma vez que foram realizados em diferentes locais, épocas de colheita e sob diferentes condições edafoclimáticas, resultando em 30 ambientes: Lagarto/SE/15 meses/2008 (1), Lagarto/SE/18 meses/2008 (2), Nossa Senhora das Dores/SE/16 meses/2008 (3), Nossa senhora das Dores/SE/19 meses/2008 (4), Nossa senhora das Dores/SE/22 meses/2008 (5), São Domingos/SE/16 meses/2008 (6), Umbaúba/SE/12 meses/2008 (7), Umbaúba/SE/15 meses/2008 (8), Umbaúba/SE/18 meses/2008 (9), Nossa Senhora das Dores/SE/14 meses/2009 (10), Nossa Senhora das Dores/SE/16 meses/2009 (11), Nossa Senhora das Dores/SE/21 meses/2009 (12), Lagarto/SE/12 meses/2009 (13), Lagarto/SE/14 meses/2009 (14), Lagarto/SE/ 18 meses/2009 (15), Nossa Senhora das Dores/SE/12

meses/2010 (16), Lagarto/SE/12 meses/2010 (17), Lagarto/SE/15 meses/2010 (18), Ribeira do Pombal/BA/15 meses/2010 (19), Ribeira do Pombal/BA/18 meses/2010 (20), Glória do Goitá/PE/12 meses/2010 (21), Glória do Goitá/PE/18 meses/2010 (22), Vera Cruz/RN/14 meses/2010 (23), Jiqui/RN/14 meses/2010 (24), Cruz das Almas/BA/12 meses/2011(25), Cruz das Almas/BA/15 meses/2011 (26), Umbaúba/SE/12 meses/2011 (27), Umbaúba/SE/15 meses/2011 (28), São Domingos/SE/12 meses/2011 (29) e São Domingos/SE/15 meses/2011 (30).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições dos 18 tratamentos. Cada parcela foi formada por quatro fileiras de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 1,0 m e, com 0,6 m entre covas dentro das fileiras. As ramas foram cortadas em segmentos de 0,20 m, as quais foram plantadas na posição horizontal a uma profundidade de 0,10 m. A parcela útil foi formada pelas duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 12 m². As adubações realizadas nesses ensaios seguiram os resultados das análises de solo de cada área experimental.

A característica avaliada foi produtividade de raízes tuberosas. Os dados obtidos foram primeiramente submetidos a análises de variância individual e em seguida a uma análise de variância conjunta envolvendo os 30 ambientes, tendo sido considerado o modelo como fixo.

Uma vez constatada a presença de interação G x A (teste F significativo), procedeu-se à análise de estabilidade, que permitiu mensurar a adaptação e a estabilidade produtiva das cultivares. Foram utilizados os métodos de Cruz et al. (1989) e o método AMMI (CROSSA et al., 1990). O método de Cruz et al. (1989) baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade à média (b_0), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_1) e aos ambientes favoráveis ($b_1 + b_2$). A estabilidade das cultivares é avaliada pelos desvios da regressão (s^2_d) de cada material, de acordo com as variações ambientais. Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_j = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + \sigma_j + \varepsilon_j$$

em que: Y_j : média da cultivar i no ambiente j ; I_j : índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} : coeficiente de regressão linear

associado à variável I_j ; b_{2i} : coeficiente de regressão linear associado à variável $T(I_j)$; $\sigma_{\bar{y}}$: desvio da regressão linear; $\varepsilon_{\bar{y}j}$: erro experimental médio associado à observação.

A análise AMMI foi realizada considerando o seguinte modelo:

$$Y_{\bar{y}j} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_k \alpha_k + r_{\bar{y}j} + \varepsilon_{\bar{y}j},$$

em que $Y_{\bar{y}j}$ é a produtividade média do híbrido i no ambiente j ; μ é a produtividade média geral; g_i é o efeito do híbrido i ; a_j é o efeito do ambiente j ; λ_k é o k -ésimo autovalor do eixo da (ACP); γ_k é o autovetor do i -ésimo híbrido no eixo k da (ACP); α_k é o autovetor do j -ésimo ambiente no eixo k da (ACP); $r_{\bar{y}j}$ é o desvio da interação não explicada pelos componentes principais retidos (porção ruído); n é o número de eixos principais retidos para descrever o padrão da interação GxA e $\varepsilon_{\bar{y}j}$ é o erro experimental médio associado à observação.

Para a escolha do modelo AMMI, foi adotado o procedimento “leave-one-out”, proposto por Gabriel (2002). Foi aplicada a estatística PRESS para avaliar as discrepâncias entre os valores observados ($y_{\bar{y}j}$) e os valores preditos ($\hat{y}_{\bar{y}j}^m$), sendo:

$$PRESS_{-}(m) = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^e (\hat{y}_{\bar{y}j}^m - y_{\bar{y}j})^2$$

Também foi realizada a correlação entre os valores observados e os valores preditos (PRECORR), para avaliar a acurácia das predições, sendo:

$$PRECORR_{-}(m) = Corr(y_{\bar{y}j}, \hat{y}_{\bar{y}j}^m | \forall i, j)$$

Após a escolha do modelo AMMI a ser utilizado os resultados foram representados na forma gráfica de um biplot (GABRIEL, 1971).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de variância individuais revelaram a existência de diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, entre as cultivares, quanto ao rendimento de raízes tuberosas em todos os ambientes, exceção feita aos ambientes Nossa Senhora das Dores/14 meses/2009, onde as cultivares não se diferenciaram. O rendimento de raízes tuberosas variou de 61 ton/ha a 26 ton/ha, revelando produtividades médias nestes ambientes

muito superiores a produtividade média nordestina e brasileira, que são de 10,2 ton/ha e 14,2 ton/ha, respectivamente (IBGE, 2013). Portanto, evidencia-se a existência de variabilidade de potencial para rendimento de raízes tuberosas entre as cultivares avaliadas, nas diferentes condições ambientais do nordeste brasileiro, quanto à característica rendimento de raízes tuberosas. O coeficiente de variação experimental variou de 22,3 a 7,4% denotando boa precisão experimental.

Na análise de variância conjunta, foram detectadas diferenças significativas, para as fontes de variação locais, cultivares e para a interação cultivares x locais (Tabela 1). Tanto a significância dos efeitos de local, cultivares e consequentemente a interação entre elas eram esperadas, uma vez que há grande diferença de condições edafoclimáticas entre os 30 locais de avaliação, diferenças em épocas de colheita e diferenças entre os “backgrounds” genéticos envolvidos na obtenção das 18 cultivares. A ocorrência da interação entre cultivares e locais evidencia que a classificação das cultivares não foi coincidente nos diversos locais de avaliação. Interações significativas entre cultivares e ambientes têm sido relatadas em trabalhos de melhoramento com a cultura da mandioca (VIDIGAL FILHO et al., 2007; CARVALHO et al., 2009a e 2009b).

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta, quanto ao caráter rendimento de raízes tuberosas (ton ha⁻¹) de 18 cultivares de mandioca, em 30 ambientes.

FV	GL	QM
Local (L)	29	3913,47**
Cultivares (C)	17	1773,84**
Interação C x L	493	109,62**
Resíduo	1020	24,83**
CV%	12,98	
Média	38,37	

Constatada a presença da interação cultivares x ambientes, procurou-se verificar as respostas de cada uma delas nos ambientes considerados pelo método de Cruz et al., (1989) e pelo método AMMI.

O método de Cruz et al. (1989) descreve como cultivar ideal aquela que expressa alta produtividade média ($b_0 >$ média geral), adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis (b_1 o menor possível), responsividade à variância ambiental ($b_1 + b_2$ o maior possível) e, finalmente, variância dos desvios da regressão igual a zero (alta estabilidade nos ambientes considerados), que, segundo Cruz et al. (2004), são indicativos de que o genótipo apresenta previsibilidade razoável por mostrar um bom ajustamento às retas de regressão. Além do preconizado pelo modelo proposto, considerou-se como cultivar de melhor adaptação, aquela com produtividades médias de raízes acima da média geral (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

De acordo Gauch e Zobel (1996) o método AMMI pode auxiliar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados, como na realização do zoneamento agrônômico, com fins de recomendação regionalizada e seleção de locais de teste. O método AMMI permite uma análise mais detalhada da interação genótipos x ambientes, garante a seleção de genótipos mais produtivos (capazes de capitalizar interações positivas com ambientes), propicia estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilita fácil interpretação gráfica dos resultados da análise estatística.

O número de componentes principais a serem utilizados na escolha do modelo AMMI deu-se através do método "leave one out". Gabriel (2002) sugere que o número ótimo de componentes principais a ser utilizado do Biplot AMMI é aquele em que as discrepâncias entre os valores observados e preditos ($Press_m$) são os menores e com a maior correlação entre os valores observados e preditos ($Precorr_m$). Assim, o modelo selecionado foi o AMMI1 (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise AMMI, porção da soma de quadrado da interação genótipo x ambiente explicada (%SQ (GxA)); discrepância entre os valores observados e preditos (PRESS_m) e correlação entre os valores observados e os preditos (PRECORR_m) para o caráter RAIZ.

FV	GL	SQ	%SQ (GxA)	PRESS_m	PRECORR_m
Interação (GxA)	493	54041,15	100	-	-
CP 1	45	10105,21	18,69	34,26	0,85
CP 2	43	8757,54	34,90	35,23	0,84
CP 3	41	7471,28	48,73	35,97	0,84
Resíduo	1020	25327,52	-	-	-

Após ser realizada as análises de adaptabilidade e estabilidade, verificou-se que entre os 30 locais avaliados, 12 foram classificados como favoráveis e 18 como desfavoráveis, tanto pelo método de Cruz et al. (1989) quanto pelo método AMMI1 (Figura 1). É importante ressaltar que através dos dois métodos utilizados, tanto os ambientes favoráveis quanto os desfavoráveis foram coincidentes.

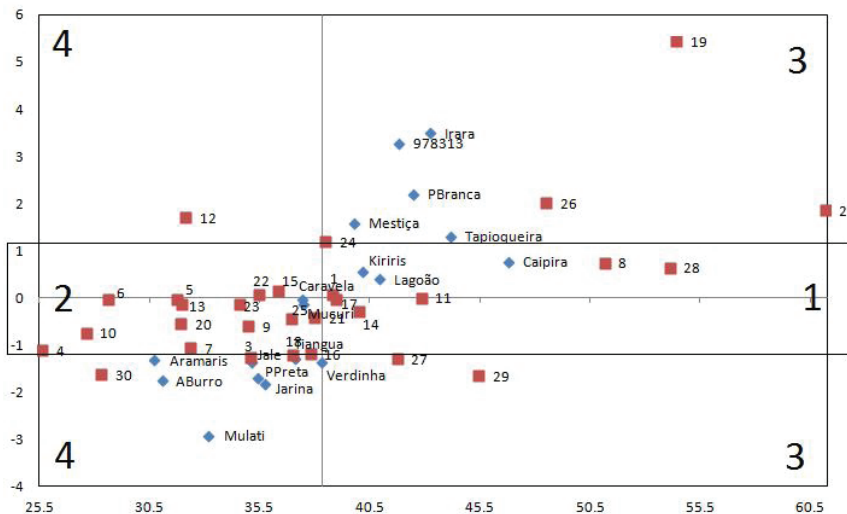


Figura 1. Biplot da análise AMMI1 quanto ao rendimento de raízes tuberosas (ton.ha⁻¹), em 18 cultivares de mandioca e 30 locais: (■) Locais e (♦) Cultivares. Os números de 1 a 4 representam zonas de classificação de cultivares e locais.

O gráfico bipot AMMI1 (Figura 1) revelou a formação de dois grupos de interesse. O primeiro apresenta cinco cultivares estáveis (BRS Caipira, Lagoão, Kiriris, Mucuri e Caravela) e o segundo oito cultivares com rendimento acima da média (BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Irapá, BRS Poti Branca, Clone 9783/13, Lagoão e Kiriris e Mestiça).

Entretanto, para que uma cultivar possa ser recomendada para o plantio é necessário que além de estável ela também apresente produtividade média elevada. Dentro do grupo de oito cultivares que apresentam rendimento médio elevado, três apresentaram baixa contribuição à interação cultivares x locais. Dessa forma, as cultivares BRS Caipira (47 ton/ ha⁻¹), Lagoão (41 ton/ ha⁻¹) e Kiriris (40 ton/ ha⁻¹) devem ser recomendadas tanto para ambientes favoráveis como para desfavoráveis. As demais, BRS Tapioqueira, Irapá, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 e Mestiça devem ser recomendadas a ambientes específicos, observado a sua produtividade em cada local, uma vez que estas cinco cultivares, apesar de apresentarem rendimento médio elevado, apresentaram maior contribuição para a interação cultivares x locais.

Através da avaliação pelo método de Cruz et al. (1989) verificou-se que o coeficiente de regressão (b_1) para o rendimento de raízes tuberosas variaram de 0,70 a 1,30, respectivamente, em relação às cultivares Aramaris e Lagoão, sendo ambos estatisticamente diferentes da unidade (Tabela 3). Considerando as oito cultivares que expressaram melhor adaptação ($b_0 > \text{média geral}$), sete apresentaram estimativas de b_1 significativamente diferentes da unidade, e uma apresentou estimativa de b_1 não significativa ($b_1 = 1$), o que evidencia comportamento diferenciado dessas cultivares em ambientes desfavoráveis. As cultivares BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Irapá, BRS Poti Branca, Clone 9783/13, Lagoão e Kiriris mostraram ser exigente nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$). Com relação à resposta nos ambientes favoráveis, as cultivares BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Irapá, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 e Kiriris responderam à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 > 1$).

Tabela 3. Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 18 cultivares de mandioca em 30 ambientes, no decorrer dos anos agrícolas 2008, 2009, 2010 e 2011, pelo método de Cruz et al (1989).

Cultivares	Produtividade média (ton/ha ⁻¹)			b ₁	b ₂	b ₁ + b ₂	s ² _d	R ² (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável					
Caipira	47a	41	56	1,09**	0,34**	1,43**	207,73**	62
Tapioqueira	44b	38	53	1,14**	0,06 ns	1,20**	46,20**	87
Irara	43b	37	53	1,22**	0,24**	1,45**	119,63**	77
Pbranca	42c	36	52	1,12**	-0,03 ns	1,09*	132,69**	68
978313	42c	35	53	1,24**	0,49**	1,74**	80,96**	85
Lagoão	41d	35	51	1,30**	-0,42**	0,87**	89,04**	79
Kiriris	40d	34	50	1,08**	0,07 ns	1,15**	104,97**	73
Mestiça	40d	35	47	1,03 ns	-0,15**	0,88**	96,82**	70
Verdinha	38e	34	46	0,97ns	-0,01 ns	0,96 ns	92,67**	70
Mucuri	37e	32	46	1,05 ns	-0,20**	0,85**	55,71**	81
Caravela	37e	32	46	1,07**	-0,02 ns	1,05 ns	90,81**	75
Tiangua	37e	32	44	0,88**	-0,09 ns	0,79**	151,15**	53
Jarina	36f	32	41	0,73**	-0,05 ns	0,68**	106,59**	53
Preta	35f	30	43	0,92**	0,00 ns	0,92 ns	74,28**	73
Jale	35f	31	42	0,84**	-0,08 ns	0,75**	51,33**	75
Mulati	33g	29	40	0,82**	-0,27**	0,55**	154,70**	46
Aburro	31h	27	37	0,80**	-0,01 ns	0,79**	78,88**	66
Aramaris	31h	27	36	0,70**	0,12**	0,82**	77,47**	62

* e * Significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t de Student, respectivamente para b₁, b₂ e b₁ + b₂.
* e * Significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F para s²_d. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A cultivar ideal preconizada pelo modelo bissegmentado ($b_0 >$ média geral, $b_1 < 1$, $b_1 + b_2 > 1$ e desvios da regressão igual a zero) não foi encontrada no conjunto avaliado (Tabela 3). Considerando-se o grupo de cultivares que expressou melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), não foi observada qualquer cultivar que atendesse a todos aos requisitos necessários para adaptação aos ambientes desfavoráveis ($b_0 >$ média geral, $b_1 < 1$, $b_1 + b_2 < 1$). Apesar disso, as cultivares BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Irará e BRS Poti Branca, por apresentarem altas médias de rendimento nas condições desfavoráveis, podem ser recomendadas para essas condições de ambiente. As cultivares Mestiça e BRS Verdinha, de adaptabilidade geral ($b_1 = 1$) e bom desempenho nos ambientes desfavoráveis, podem também ser utilizadas nas condições desfavoráveis.

No grupo de cultivares de melhor adaptação encontraram-se cultivares que atenderam aos requisitos necessários para adaptação aos ambientes favoráveis ($b_0 >$ média geral, b_1 e $b_1 + b_2 > 1$), a exemplo das cultivares BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Irará, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 e Kiriris (Tabela 3). A cultivar Lagoão, apesar de não ser responsiva a melhoria ambiental pode ser sugerida para as condições favoráveis de ambiente por apresentar bom desempenho produtivo nessas condições e ser exigente nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$). As cultivares Mestiça e BRS Verdinha, com estimativas de $b_0 >$ média geral e $b_1 = 1$, evidenciaram adaptabilidade geral, justificando suas recomendações para as diferentes condições de ambientes.

Conclusão

- Os métodos de Cruz et al. (1989) e AMMI são eficientes na identificação de cultivares estáveis.
- Verifica-se concordância entre os métodos de Cruz et al. (1989) e AMMI na identificação simultânea da cultivar BRS Caipira como superior para todas as condições de ambiente.
- As cultivares BRS Tapioqueira, Irará, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 e Mestiça são recomendadas a ambientes específicos de acordo com o método AMMI.
- As cultivares BRS Tapioqueira, Irará, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 são recomendadas para as condições favoráveis pelo de Cruz et al. (1989).

Referências

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 254 p.

CARVALHO, H. W. L.de.; FUKUDA, W. M.; RIBEIRO, F. E.; OLIVEIRA, I.R., MOREIRA, M. A. B.; SANTOS, V.S., LIMA, N. R. S.; OLIVEIRA, V.D; RIBEIRO, S. S. Avaliação de cultivares de mandioca em duas Microrregiões do Estado de Sergipe. **Agrotópica**, Ilhéus, v. 21, n. 1, p. 1-24, 2009a.

CARVALHO, H. W. L.de.; FUKUDA, W. M.; RIBEIRO, F. E. ; OLIVEIRA, I.R., OLIVEIRA, V.D; RIBEIRO, S. S. Comportamento de variedades de aipim no Estado de Sergipe. **Agrotópica**, Ilhéus, v. 21, n. 1, p. 5-12, 2009b.

CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia industrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARGNIN, A.; SOUZA, M . A. de.; CARNEIRO, P. C. S.; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com a seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 987-993, 2006.

CROSSA, J. Statistical analyses of multilocations trials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 44, p. 55-85, 1990.

CROSSA, J.; GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 3, p. 493-500, 1990.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1. 480 p.
EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

GABRIEL, K.R. The biplot graphic display of matrices with application to principal components analysis. **Biometrika**, Londres, v.58, p. 453-467, 1971.

GABRIEL, K.R. Le biplot: outil d'exploration de données multidimensionnelles. **Journal de la Societe Francaise de Statistique**, Paris, v. 143, n 3, p. 5-55, 2002.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH JÚNIOR, H. G. (Ed.). **Genotype-by-environment proved and under what conditions this can be most environment interaction**. Boca Raton: CRC, 1996. p. 1-40.

IBGE. **Indicadores IBGE**: Estatística da produção agrícola, Março 2013.
Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201303.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2013.

LIN, C S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; KVITSCHAL, M. V.; RIMOLDI, F.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; ZUIN, G.C. Estabilidade produtiva de cultivares de mandioca de mesa coletadas no estado do Paraná. **Ciências Agrárias**, Londrina. v. 28, n. 4, p. 551-562, 2007

VENCOVSKY. R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.



Tabuleiros Costeiros

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

